

**ANEXO N° 03****METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE CAPACIDAD DE OFERTA PORTUARIA****I.1.1. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE LAS INSTALACIONES PORTUARIAS POR SUBSISTEMAS DE CADA TERMINAL**

En una concepción sistémica de una terminal portuaria, la capacidad será la menor de las capacidades de cada uno de los subsistemas que la integran: subsistema de carga/descarga de buques (línea de atraque), subsistema de almacenamiento, subsistema de recepción y entrega terrestre (puertas) y subsistema de interconexión interna (transporte horizontal).

Desde la perspectiva planificadora, ni el subsistema de interconexión ni el de recepción y entrega deben ser los limitantes de la capacidad por cuanto la hipótesis de trabajo es que estos se dotan para no resultar en cuellos de botella respecto a los subsistemas de carga/descarga de buques y subsistema de almacenamiento.

El análisis de la capacidad de la línea de atraque no consiste en calcular la capacidad de carga y descarga de buques de la terminal. Esta segunda característica depende fundamentalmente del número de grúas por buque y de su rendimiento (productividad). En el análisis aquí presentado se supone que la terminal cuenta con el número de grúas y/o equipos necesarios para atender el tráfico y que el rendimiento de los mismos está dentro de unos valores aceptables. La capacidad de carga y descarga se relaciona con la capacidad de la línea de atraque a través de la productividad del buque atracado.

El subsistema de interconexión se encarga del traslado interior de las mercancías entre los demás subsistemas. En este análisis se supone que el número de equipos de interconexión es el necesario para realizar el trabajo de modo que no retrasan la actividad de la grúa de muelle ni la del equipo de patio y por tanto se considera que no pueden ser limitantes de la capacidad de la terminal o del muelle en cuestión.

Finalmente en el caso del subsistema de recepción y entrega hay que distinguir la operación de acceso de camiones externos, o del ferrocarril, a la terminal de la operación de recepción y entrega. La capacidad de acceso depende del número de puertas, del horario de las mismas y del tiempo que se tarda en la operación de entrada o salida. Se supone que la terminal dimensiona el número de puertas en función de la afluencia de camiones externos (variable a lo largo del día) y que en ningún caso el acceso o la salida de la terminal deben limitar la capacidad del subsistema de recepción y entrega, que como se ha indicado deberá estar convenientemente dotada de los correspondientes recursos.

I.1.2. CAPACIDAD POR LÍNEA DE ATRAQUE

Los aspectos principales a tener en cuenta para el cálculo de la capacidad por línea de atraque en una terminal o instalación portuaria son:

- Las previsiones de volúmenes de mercancías a manipular (demanda).
- El tamaño y la composición de la flota previsible de buques en los atraques, según forma de presentación de la mercancía (contenedor, granel, etc.).
- Distribución estadística de llegadas de los buques.
- Distribución estadística de servicio (carga/descarga de mercancía).
- Productividad de los equipos en muelle (Toneladas/hora; TEUs/hora o Contenedores/hora; unidades/hora).



- Tiempo de preparación del buque para la carga o descarga.
- El nivel de calidad de servicio considerado como admisible: tiempo de espera del buque/tiempo total del buque en el atraque.
- Tiempo operativo de la terminal al año (horas).
- Longitud del muelle (metros).

La capacidad anual del muelle, es igual al producto del número de amarraderos, por la tasa de ocupación del muelle, por las horas operativas anuales, y por la productividad horaria media de los buques durante su estancia en los mismos:

$$C = n \times \phi \times t_{\text{año}} \times P$$

Donde,

C: Capacidad anual del muelle o de la terminal (Toneladas, contenedores o TEUs, unidades por año)

n: Número de puestos de atraque o amarraderos.

ϕ : Tasa de ocupación de los amarraderos. Es función del número de puestos de atraque y de la calidad de servicio (relación entre el tiempo de espera y el tiempo de servicio: T_e/T_s).

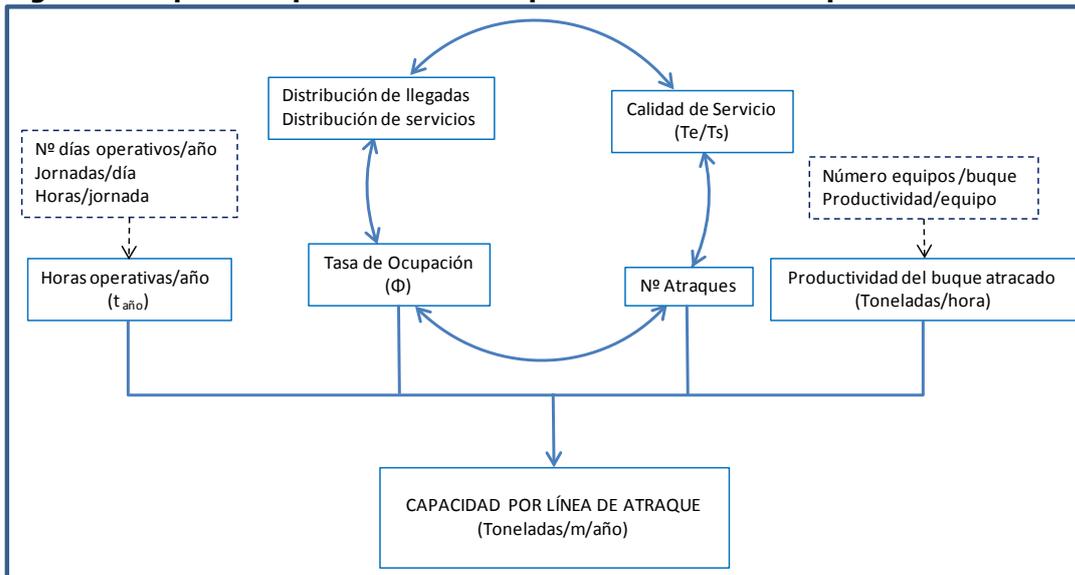
$t_{\text{año}}$: Horas operativas de la terminal al año. Es función de los días que opera el puerto y de las condiciones laborales (turnos diarios, número de horas por turno, etc.).

P: Productividad media del buque durante su estancia en la terminal medida en toneladas/hora, contenedores/hora, TEUs/hora o unidades/hora. Depende del número y de la productividad de los equipos.

El **número de puestos de atraques o amarraderos (n)** no tiene porque ser un número entero. Es función de la longitud de la línea de atraque y de las distribuciones de llegadas, de tiempos de servicio de los buques y de esloras. En el caso de no disponer de esta información, se puede calcular el número de atraques como el cociente entre la longitud del muelle y la eslora del buque tipo que atracará en la terminal incrementado en un resguardo de seguridad del 10% (coeficiente de separación entre buques - $K_{\text{separación}}$).

La **tasa de ocupación admisible (ϕ)** resulta de considerar, por una parte, la distribución de las llegadas de los buques y la distribución de los tiempos de servicio en el muelle; y por otra, la calidad de servicio ofertada como la relación entre el tiempo de espera (fondeo) y el tiempo de servicio durante el cual el buque está atracado siendo atendido. La tasa de ocupación se puede calcular mediante la utilización de la Teoría de Colas o por medio de modelos de simulación.

La Figura 1 esquematiza los elementos clave que deben tenerse en cuenta a la hora de calcular la capacidad por línea de atraque, así como la relación entre ellos.

Figura 1: Capacidad por línea de atraque de las terminales portuarias

Fuente: Fundación Valenciaport

I.1.2.1. RECOMENDACIONES SOBRE CAPACIDAD POR LÍNEA DE ATRAQUE

Para el análisis detallado del sistema de línea de atraque serían necesarios datos reales de las distribuciones de llegadas y tiempos de servicio de las terminales. Sin embargo, a falta de mejor conocimiento de la caracterización del muelle o terminal en términos de distribución de llegadas y de servicios, se recomienda los siguientes sistemas según su tipología:

Para el caso de **terminales multipropósito**, dependiendo del tipo de mercancía y su distribución el sistema podría variar entre:

- **M/M/n** (distribución de llegadas aleatorias / tiempos de servicio aleatorios / n puestos de atraque) y
- **E₂/E₂/n** (distribución de llegadas y de tiempos de servicio según una distribución Erlang de orden K=2 para n puestos de atraques).

Para el caso de **terminales de contenedores**:

- **Terminales públicas¹**: **M/E_K/n** (distribución de llegadas aleatorias / tiempos de servicio según una distribución Erlang de orden K / n puestos de atraque). Recientes estudios empíricos demuestran que en las terminales públicas de contenedores obedecen a una distribución de llegadas aleatorias (M) y los tiempos de servicio se ajustan más a una Erlang (E_K) de K=4 o superior (cuanto más regulares sean los tiempos de servicio de la terminal mayor deberá ser el valor de K) – M/E₄/n.
- **Terminal con escalas muy programadas** (como puede ser el caso de las terminales dedicadas): **E_K/E_K/n**, con menor aleatoriedad en la distribución de llegadas.

Para el caso de **terminales de graneles**:

¹ Terminales públicas: son las terminales portuarias que no están dedicadas a una naviera exclusivamente.



- **Terminal pública: $M/E_2/n$** (llegadas aleatorias / tiempos de servicio Erlang 2 (E_2) y n puestos de atraque)
- **Terminal dedicada: $E_K/E_K/n$** (distribución de llegadas y de tiempos de servicio según una distribución Erlang de orden K para n puestos de atraques).

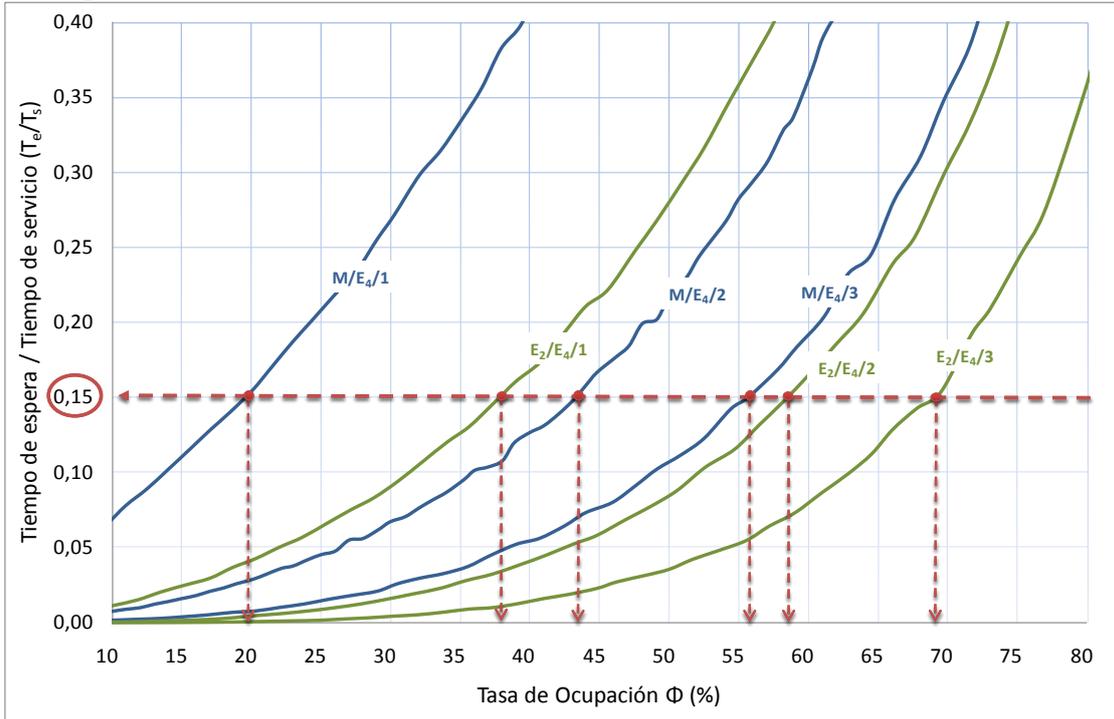
I.1.2.2. DEFINICIÓN DE LA TASA DE OCUPACIÓN

La tasa de ocupación se puede calcular mediante la utilización de la Teoría de Colas o por medio de modelos de simulación. Existen diversas recomendaciones para definir la tasa de ocupación máxima admisible o la calidad de servicio mínima admisible (máximo tiempo espera/tiempo servicio admisible) de las terminales portuarias.

Es importante destacar que la tasa de ocupación admisible debe ir asociada a un número de puestos de atraque, lo que se traducirá en una determinada calidad de servicio (tiempo de espera/tiempo de servicio - T_e/T_s) **dependiendo del sistema que se ajuste a la terminal**, es decir, de la distribución de llegadas y de tiempo de servicio de los buques. De otra manera, para una misma calidad de servicio, en función de la caracterización del sistema ($M/M/n$, $M/E_K/n$ o $E_K/E_K/n$) y del número de puestos de atraque, se obtienen distintas tasas de ocupación admisibles.

Tal y como muestra el Gráfico 1, para una calidad de servicio de 0.15, es decir, un tiempo de espera (fondeo) del 15% del tiempo de servicio (tiempo de estancia del buque en el muelle), en una terminal con un sistema $M/E_4/n$, la tasa de ocupación admisible estaría en torno al 20% para el caso de un puesto de atraque y pasa a ser del 43% y 56% para dos y tres atraques respectivamente; mientras que en una terminal dedicada, con un sistema $E_2/E_4/n$, las tasas de ocupación serían de aproximadamente del 37%, 58% y 69% para 1, 2 y 3 atraques respectivamente. Es importante destacar que una terminal, por más amarraderos que disponga, nunca podrá alcanzar la máxima ocupación, es decir, del 100%, puesto que esto correspondería a una espera media "infinita" de los buques en cola.

Gráfico 1: Calidad de servicio (T_e/T_s) y tasa de ocupación en función del sistema (M/E_4 y E_2/E_4) para un determinado número de atraques



Fuente: Fundación Valenciaport.

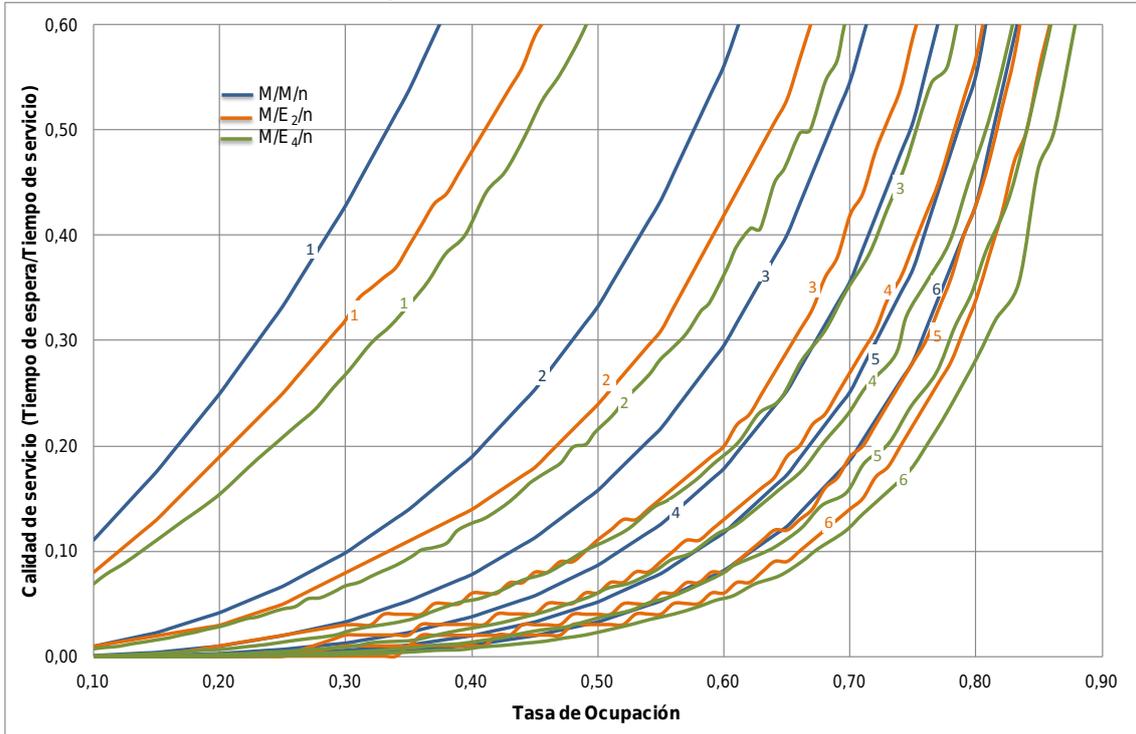
Algunos estudios de viabilidad económica indican que en el caso de las terminales de contenedores, el tiempo de espera no debe ser mayor que 10% del tiempo de servicio. Así mismo, el ratio T_e/T_s debe estar entre 5%-20% (es decir, dentro de este intervalo en función del tipo de terminal) y que la ocupación del muelle dependerá también del tipo de muelle, del tamaño de los buques, del equipamiento de transferencia, de las condiciones medioambientales, etc. En el caso de las terminales polivalentes se recomienda un $T_e/T_s=0.25$ y para las terminales de graneles un $T_e/T_s=0.50$, sin embargo en este último caso dependiendo de la tipología de la terminal de graneles (una terminal dedicada, por ejemplo), este índice puede ser inferior al valor indicado (aumentando la calidad de servicio).

Por otra parte, a la hora de decidir la calidad de servicio (T_e/T_s) a ofertar en las instalaciones, una de las referencias a tener en cuenta será el valor de la oferta de calidad de las instalaciones de la competencia.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente y con estudios de simulación de línea de atraque se ha podido representar las curvas de los sistemas $M/M/n$, $M/E_2/n$ y $M/E_4/n$, representados en el Gráfico 2, y los sistemas $E_2/E_2/n$ y $E_2/E_4/n$, representados en el Gráfico 3.

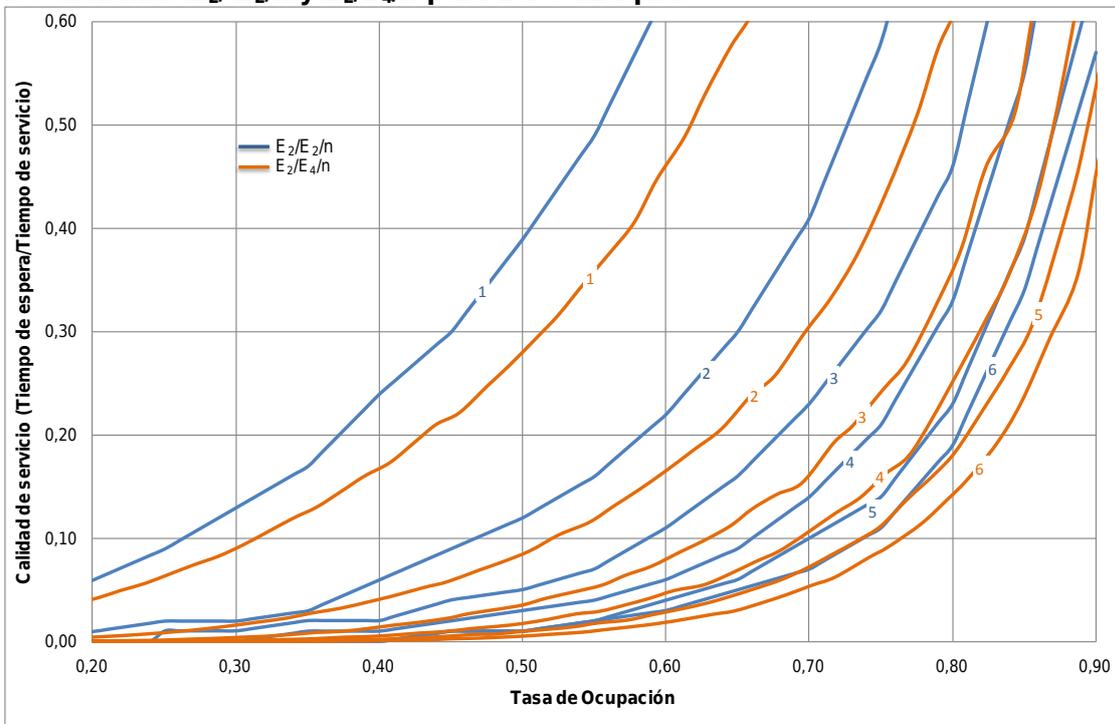


Gráfico 2: Correspondencia de las tasas de ocupación y calidad de servicio de los sistemas M/M/n, M/E₂/n y M/E₄/n para 1 a 6 atraques



Fuente: Fundación Valenciaport.

Gráfico 3: Correspondencia de las tasas de ocupación y calidad de servicio de los sistemas E₂/E₂/n y E₂/E₄/n para 1 a 6 atraques



Fuente: Fundación Valenciaport.

En la **Tabla 1** y **Tabla 2** se sintetizan las recomendaciones de las tasas de ocupación admisibles en función del número de atraques (de 1 a 6 puestos de atraques) y del

sistema de distribución de llegadas y de tiempos de servicio de las terminales, para una determinada calidad de servicio. Se observa que con una menor calidad de servicio (con mayor T_e/T_s) se alcanzan tasas de ocupación más elevadas.

Tabla 1: Recomendaciones para la tasa de ocupación (ϕ) en función del número de atraques y del sistema para terminales polivalentes ($T_e/T_s = 0.25$) y terminales de graneles ($T_e/T_s = 0.50$).

Nº de atraques (n)	Tasa de ocupación ϕ (%)			
	$T_e/T_s = 0.25$		$T_e/T_s = 0.50$	
	M/M/n	E ₂ /E ₂ /n	M/E ₂ /n	E ₂ /E ₂ /n
1	20	41	41	55
2	45	62	64	73
3	57	71	73	81
4	65	77	78	84
5	70	80	82	87
6	73	82	84	89

Fuente: Fundación Valenciaport.

Tabla 2: Recomendaciones para la tasa de ocupación (ϕ) en función del número de atraques y del sistema para terminales de contenedores ($T_e/T_s=0.10$ y $T_e/T_s=0.20$).

Nº de atraques (n)	Tasa de ocupación ϕ (%)					
	$T_e/T_s = 0.10$			$T_e/T_s = 0.20$		
	M/E ₂ /n	M/E ₄ /n	E ₂ /E ₄ /n	M/E ₂ /n	M/E ₄ /n	E ₂ /E ₄ /n
1	12	14	31	21	24	43
2	33	36	53	47	49	63
3	49	49	63	60	61	72
4	56	57	70	66	68	78
5	62	63	73	71	73	81
6	66	67	77	74	76	84

Fuente: Fundación Valenciaport.

Con estas recomendaciones sobre la tasa de ocupación en función de la tipología del muelle o terminal y la formulación de la capacidad por línea de atraque anteriormente mencionada, se podrá calcular la capacidad anual de todas y cada una de las instalaciones portuarias del Sistema Portuario Nacional.

I.1.2.3. RECOMENDACIONES DE LA CAPACIDAD POR LÍNEA DE ATRAQUE DE LAS TERMINALES DE CONTENEDORES

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores y el estudio de Drewry, se profundiza metodológicamente en la estimación de la capacidad anual por metro de línea de atraque planteando unos rangos de valores en función del tipo de tráfico, de la productividad del buque atracado y del número de puestos de atraque (véase Tabla 3).

Estos rangos han sido calculados para terminales con puestos de atraque de 300 metros y unos tiempos de espera del 10% y del 20% del tiempo de servicio. Tal y

como se ha visto anteriormente, la calidad de servicio que se recomienda para las terminales de contenedores es de 0,10, por eso se resaltan estos valores en negrita en la Tabla 3.

Tabla 3: Capacidad anual por metro de línea de atraque en función del tipo de tráfico, de la productividad del buque atracado y del número de atraques

Sistema y Caracterización del Tráfico	Productividad Media Buque Atracado (Cont./h)	CAPACIDAD POR LÍNEA DE ATRAQUE - TERMINAL CONTENEDORES (Contenedores / metro línea de atraque / año)					
		Longitud de cada de atraque: 300 m Calidad de servicio: $T_e/T_s = 0,10 - 0,20$					
E ₂ /E ₄ /n Escalas muy programadas	80	710 - 990	1.220 - 1.450	1.450 - 1.655	1.610 - 1.795	1.680 - 1.865	1.770 - 1.930
	70	625 - 865	1.065 - 1.270	1.270 - 1.450	1.410 - 1.570	1.470 - 1.630	1.550 - 1.690
M/E ₄ /n Llegadas aleatorias	70	280 - 480	725 - 985	985 - 1.230	1.145 - 1.370	1.270 - 1.470	1.350 - 1.530
	50	200 - 345	515 - 705	705 - 875	820 - 975	905 - 1.050	965 - 1.090
	40	160 - 275	415 - 560	560 - 700	655 - 780	725 - 840	770 - 875
Nº Puestos de Atraque (n)		1	2	3	4	5	6

Fuente: Fundación Valenciaport

En el Gráfico 4 y en el Gráfico 5 se representan las capacidades anuales en número de contenedores por metro de línea de atraque en función de la productividad del buque atracado y del número de puestos de atraque (atraques de 300m cada uno), para el caso de una calidad de servicio de 0,10, y terminales con sistemas M/E₄/n y E₂/E₄/n, respectivamente.

Hay que mencionar que los valores de las capacidades por metro de línea de atraque y de las productividades del buque atracado, reflejados tanto en la **Tabla 3** como en los gráficos siguientes, están expresados en contenedores/hora. Por lo tanto, para determinar la capacidad de atraque en TEUs/hora es necesario aplicar un factor de conversión de TEUs/contenedor. Suponiendo una proporción del 50% de contenedores de 40', este factor sería del 1,5. Sin embargo, en algunos mercados el porcentaje de contenedores de 40' está aumentando, lo que implica un ratio más alto.

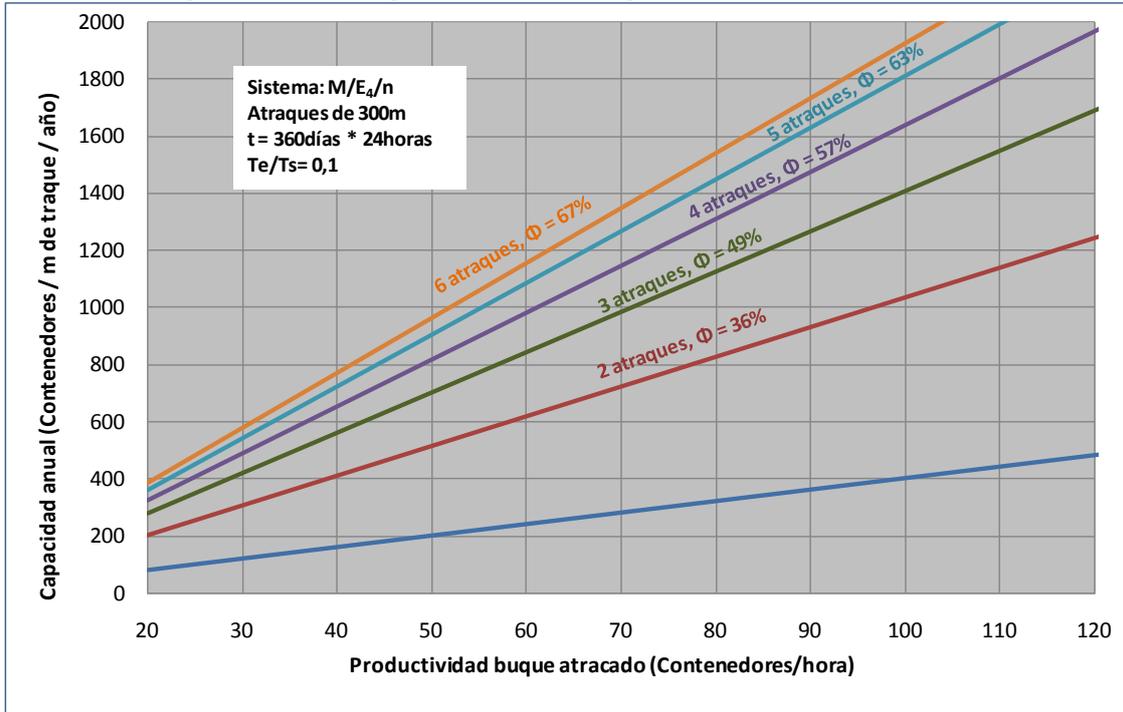
De acuerdo con el **Gráfico 4** y la tabla anterior se puede observar que, por ejemplo, la terminal con un sistema M/E₄/n ($T_e/T_s=0,10$) de 3 atraques tiene, un 36% más de capacidad, por cada atraque, que la de 2 atraques, y las terminales de 4, 5 y 6 atraques tienen respectivamente un 58%, 75% y 86%, más de capacidad, por cada atraque, que la de 2 atraques. Es decir, el número de atraques influye muchísimo en la capacidad de la terminal.

Por otro lado, cuando se disminuye la calidad de servicio (T_e/T_s) de una terminal de 3 o más atraques en un 100% (pasando de 0,1 a 0,2, por ejemplo duplicando el tiempo de

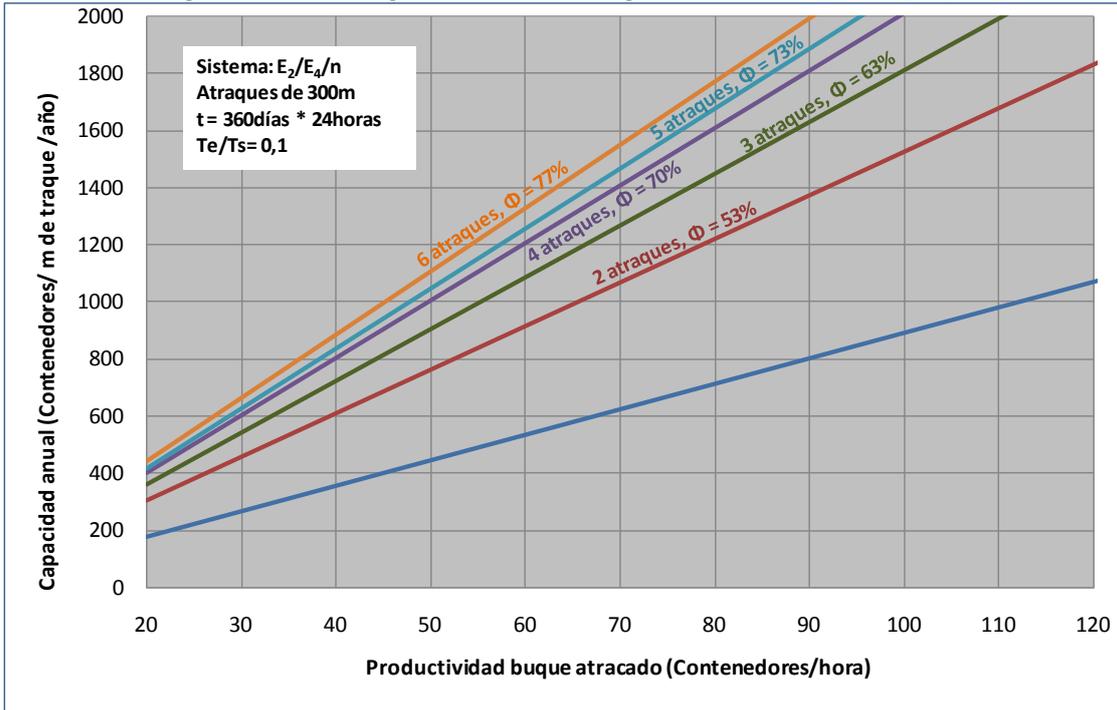


espera del buque para un mismo tiempo de servicio), el incremento de capacidad que se obtiene es inferior al 25%.

Gráfico 4: Capacidad anual por línea de atraque de un sistema M/E₄/n



Fuente: Fundación Valenciaport

Gráfico 5: Capacidad anual por línea de atraque de un sistema E₂/E₄/n

Fuente: Fundación Valenciaport

I.1.3. CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

En este apartado se estudia cómo calcular la capacidad de almacenamiento o por superficie de las terminales portuarias, desde el punto de vista de la planificación. En este sentido se pueden plantear dos cuestiones:

- Dado un tráfico, qué superficie se necesita para atenderlo;
- Dada una superficie, qué tráfico máximo se puede atender.

La capacidad por superficie o del subsistema de almacenamiento depende de los siguientes factores:

- Forma de presentación de las mercancías.
- Densidad superficial y productividad del sistema de almacenamiento.
- Altura de apilado.
- Tiempos de estancia de las mercancías en la terminal (rotación).
- Importancia de la estacionalidad y de los picos de tráfico.
- Forma en planta de la terminal.
- Gestión del patio.

La fórmula genérica de la capacidad por superficie es (ROM 2.1 - González-Herrero, 2006):

$$C_i = \frac{A_i \times h_i \times 365 \times g_o \times \alpha_o}{T_e \times s_i}$$



PERÚ

Autoridad Portuaria
Nacional

ACTUALIZACIÓN DEL PLAN NACIONAL DE DESARROLLO PORTUARIO

Donde,

C_i : Capacidad de almacenamiento anual correspondiente al tipo de tráfico i (Toneladas, contenedores o TEUs, unidades por año).

A_i : Área o superficie de almacenaje correspondiente al tipo de tráfico i (en m^2 o ha).

h_i : Factor de apilamiento, definiéndose como el cociente entre la altura media de apilamiento alcanzable y la máxima de proyecto, correspondiente al tipo de tráfico. Este factor aumenta con el número de remociones o reposicionamientos de la mercancía o de los elementos de transporte almacenados debido a las necesidades operativas.

g_o : Factor de ocupación, o factor punta, que permite considerar la distribución no uniformes de las llegadas/salidas de las mercancías a lo largo del año, así como la frecuencia aceptable de saturación del área. A falta de otros datos, puede adoptarse un valor usual de 0.80.

α_o : Coeficiente de almacenamiento neto, definiéndose como porcentaje del área de almacenamiento y servicios auxiliares destinada al depósito efectivo de las mercancías, incluyendo los viales internos, respecto del total.

T_e : Tiempo medio de tránsito o estancia de la mercancía en el área de almacenamiento (en días). Este factor es muy variable, dependiendo del tipo de tráfico, de sí se considera el área portuaria como depósito temporal a corto plazo o como reserva estratégica y de las condiciones locales del emplazamiento.

s_i : Superficie unitaria bruta requerida (en m^2 o ha) por el tipo de tráfico i por tonelada, contenedor o unidad, considerando tanto el área neta de apilamiento como sus viales internos. Este parámetro, es función del tipo de mercancía o elemento de transporte, de la operativa y equipos de manipulación empleados en el área de almacenamiento, de la configuración y organización del área, así como de la densidad y máxima altura de apilamiento. A falta de otros datos se puede tomar como referencia los siguientes datos:

- Tráficos ro-ro: puede adoptarse de forma simplificada $20 m^2/Ud$ si se trata de automóviles y $120 m^2/Ud$ en el caso de camiones y plataformas, todos ellos con acceso individualizado.
- Mercancía general no contenerizada y graneles sólidos: este valor puede obtenerse a partir de la configuración del apilamiento y de las máximas alturas de almacenamiento usuales incluidas en las tablas 3.4.2.3.1.1 y 3.4.2.3.1.2 de la ROM 0.2-90.
- Contenedores: considerar los cálculos y especificaciones que aparecen en el apartado siguiente.

Capacidad de almacenamiento para las terminales de contenedores

En el caso específico de las terminales de contenedores, la fórmula genérica de la capacidad por superficie es:

$$C_{\text{patio}} = n^{\circ} \text{huellas}_{\text{TEU}} \times h \times \frac{365}{T_e}$$

Donde,

C : Capacidad de almacenamiento anual de la terminal (contenedores o TEUs, unidades por año).

h : Altura media de apilado o altura operativa.

T_e : Tiempo de estancia medio de la mercancía en el área de almacenamiento (en días).

$365 / T_e$: N° medio de rotaciones anuales



La formulación anterior supone la simplificación de manejar alturas operativas medias y tiempos de estancia medios sin atender a las particularidades de la tipología de los contenedores (llenos/vacíos; importación-exportación/transbordos, reefers, etc.). Aplicando un factor corrector sobre la altura o capacidad de apilado del sistema de manipulación se obtendría la siguiente fórmula:

$$C_{\text{patio}} = n^{\circ}\text{huellas_TEU} \times H \times \frac{365}{T_e} \times \frac{K_o}{K_p}$$

Donde,

H: Altura máxima de apilado o altura nominal del equipo

T_e : Tiempo de estancia medio

K_o : Factor operacional

K_p : Factor punta o factor de seguridad

$365 / T_e$: N° medio rotaciones

K_o es el factor operacional para el sistema de almacenamiento utilizado, que minora la altura máxima, lo que es necesario para trabajar en condiciones operativas y no realizar excesivas remociones (movimientos improductivos). Cuanto mayor sea la altura de apilado, mayor será el número de contenedores a mover para alcanzar uno determinado. Normalmente este factor oscila entre 0,60 y 0,85.

K_p es el factor punta o factor de seguridad, que tiene en cuenta las fluctuaciones del tráfico de la terminal. En general son usuales valores entre 1,1 y 1,3.

Tanto la altura como el tiempo de estancia de los contenedores, pueden tener valores diferentes para los distintitos tipos de tráfico. Por ejemplo:

- más altura y estancias más largas para contenedores vacíos,
- igual altura para contenedores de importación y de exportación pero diferente tiempo de estancia o altura menor para los de importación;
- tiempos de almacenamiento diferentes según servicio.

La fórmula anterior puede particularizarse atendiendo a las características del tráfico, diferenciando tantas categorías como datos disponibles tenga o simule la terminal. A modo de ejemplo, considerando las diferencias entre los tráficos de contenedores llenos y vacíos, la formula quedaría como sigue:

$$C_{\text{patio}} = n^{\circ}\text{huellas_TEU} \times 365 \times \frac{K_o}{K_p} \times \left(\% \text{ llenos} \times \frac{H_{LL}}{T_{LL}} + \% \text{ vacios} \times \frac{H_v}{T_v} \right)$$

Donde,

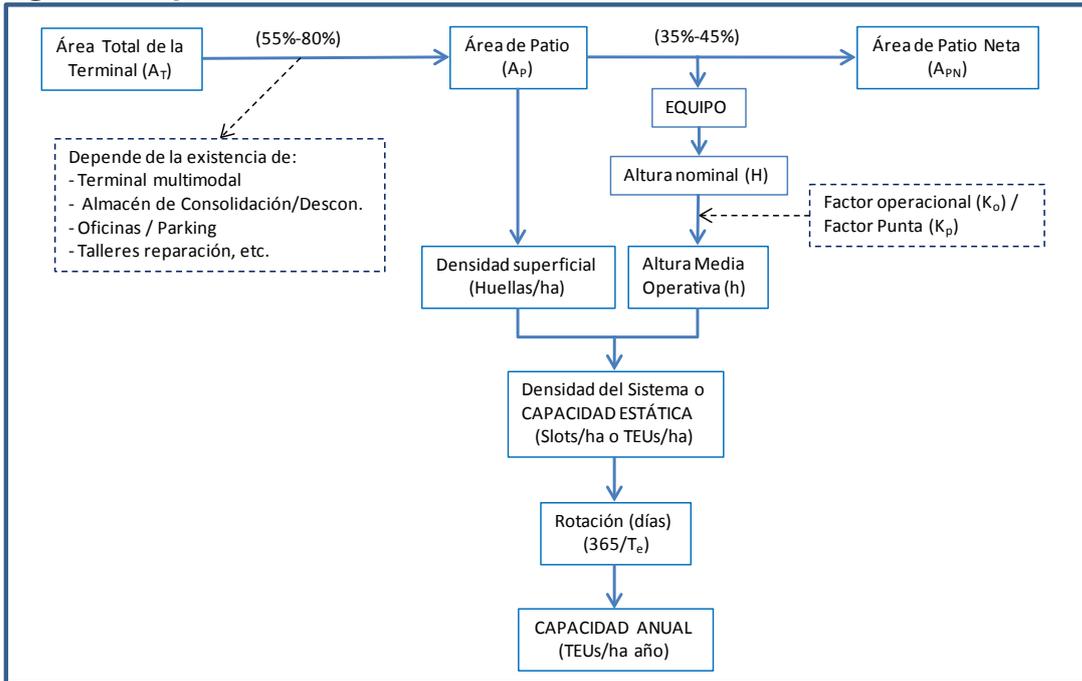
H_{LL} : Altura de apilado de los contenedores llenos

T_{LL} : Tiempo de estancia medio de los contenedores llenos

H_v : Altura de apilado de los contenedores vacíos

T_v : Tiempo de estancia medio de los contenedores vacíos

La Figura 2 refleja esquemáticamente los elementos clave que deben tenerse en cuenta a la hora de calcular la capacidad de almacenamiento de las terminales de contenedores, así como la relación entre ellos.

Figura 2: Capacidad de almacenamiento de las terminales de contenedores

Fuente: Fundación Valenciaport

I.1.3.1. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

Los principales factores que influyen en la capacidad son:

- la **densidad superficial** (Huellas por hectárea de patio),
- la **altura de apilado** y
- el **tiempo de estancia** de los contenedores en la TPC.

Para cada sistema de almacenamiento -chasis o plataformas, Reach Stacker (RS), Straddle Carrier (SC), RTG, RMG, etc.-, la densidad por superficie, medida en Huellas_TEU/m² o Huella_TEU/ha, es función de la distribución de las huellas, pasillos y viales, de la geometría del patio de la terminal y de la gestión del patio.

La altura media de apilado es directamente proporcional a la capacidad del patio, es decir, si aquella aumenta un 10%, ésta también aumenta un 10%.

Y por último, cada terminal tiene una capacidad estática, que sería el número máximo de slots por hectárea, y que es función del equipo empleado. Considerando el número medio de rotaciones anual, que es función del tiempo medio de estancia de los contenedores en el patio, se obtiene la capacidad anual. Por tanto el tiempo medio de estancia de los contenedores, al contrario de la altura de apilado, es un factor inversamente proporcional a la capacidad. Así, por ejemplo, pasar de 11 días de estancia media a 10 días, incrementa la capacidad anual del patio un 10%.

Recomendaciones sobre la capacidad de almacenamiento de las terminales de contenedores

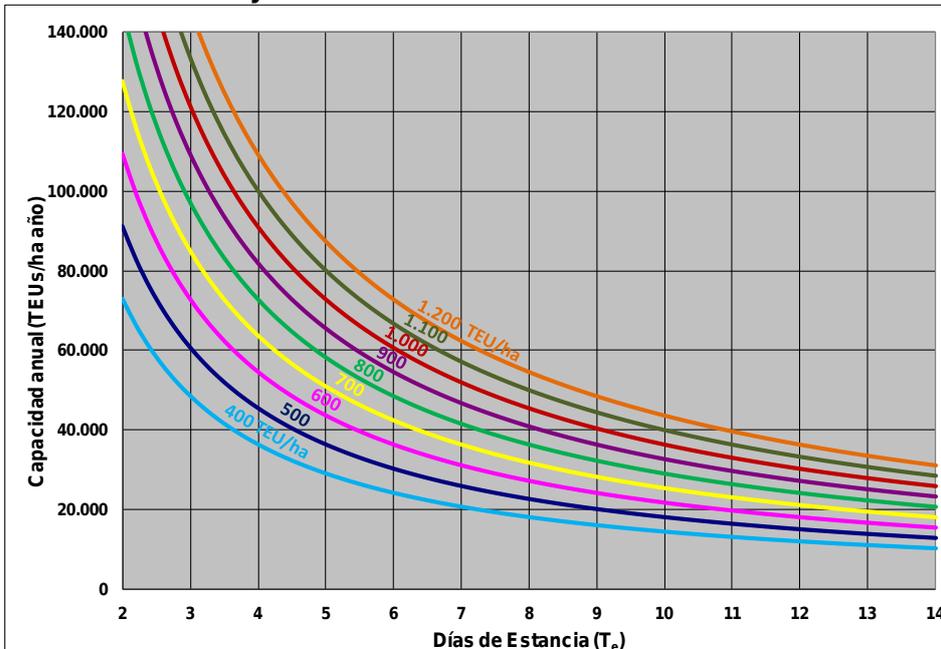
A partir de una revisión bibliográfica y de datos de algunas terminales españolas se proponen unas recomendaciones sobre la densidad superficial, la altura media de apilado y la capacidad estática de la terminal, en función de equipo de almacenamiento, tal y como muestra la **Tabla 4**.

Tabla 4: Densidades superficiales y capacidad estática de las terminales de contenedores según el tipo de equipo de almacenamiento

Equipo (anchura; altura nominal de apilado)	Densidad Superficial (Huellas_TEU/ha)	Altura Media (h)	Densidad del Sistema o Capacidad Estática (TEUs/ha)
Chasis	150 - 200	1,00	170 - 200
Carretilla	130 - 170	1,80	234 - 300
Reach Stacker (3)	200 - 250	1,80	360 - 450
SC (3+1)	265 - 280	1,80	475 - 500
RTG (6 ancho; 4+1)	270 - 280	2,40	650 - 670
RTG (7 ancho; 5+1)	290 - 310	2,75	800 - 850
RMG (9 ancho; 4+1)	385 - 425	2,80	1.100 - 1.200

Fuente: Fundación Valenciaport

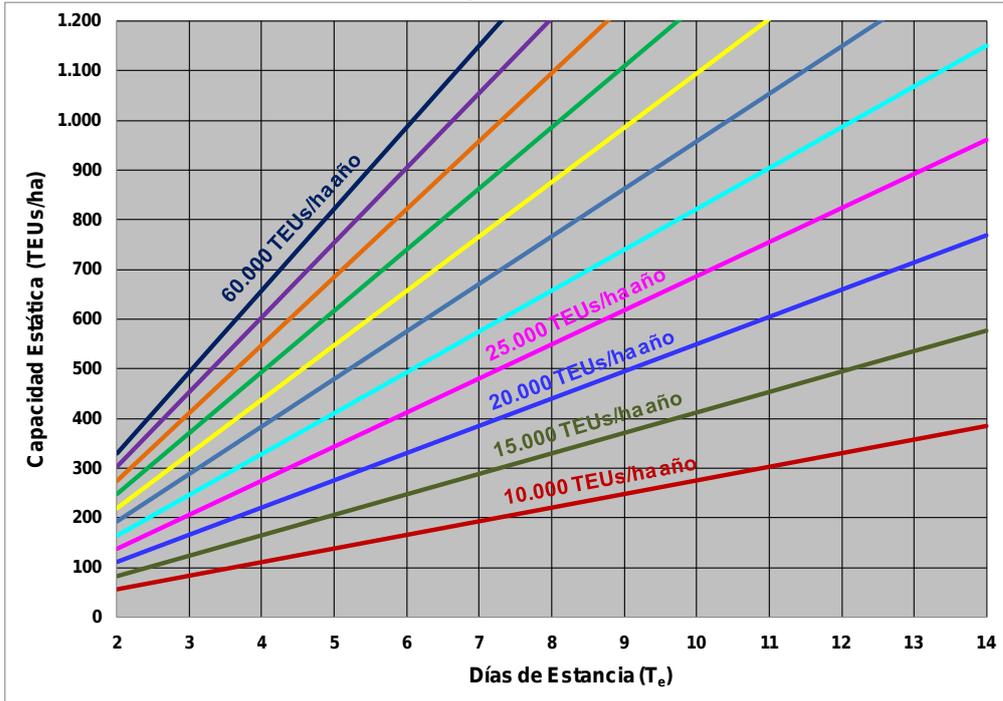
Una vez se obtiene la densidad del sistema o capacidad estática del patio de la terminal, la capacidad anual de almacenamiento variará en función de los días de estancia de los contenedores en la misma, tal y como está representado en los gráficos **Gráfico 6** y **Gráfico 7**. Por ejemplo, para el caso de una terminal que emplea un sistema con una capacidad estática de 400 TEUs/ha (RS) y con un tiempo de estancia medio de 5 días, la capacidad anual de dicha terminal será de unos 29.200 TEUs/ha año (Gráfico 6). En el caso de planificar una terminal con una capacidad máxima de 60.000 TEUs/ha año, con una estancia media de los contenedores de 5 días, se debería emplear un sistema con una capacidad de al menos 800 TEUs por ha de patio (Gráfico 7).

Gráfico 6: Capacidad anual (TEUs/ha año) en función de la densidad de almacenamiento y de los días de estancia

Fuente: Fundación Valenciaport



Gráfico 7: Capacidad estática del equipo de patio como resultado de las necesidades de capacidad anual y de los días de estancia



Fuente: Fundación Valenciaport